

**DIE ELEKTRISCHE AKTIVITÄT IM GASTRODUODENAL -
BEREICH BEIM HUND UND IHRE VERÄNDERUNG
NACH VERSCHIEDENEN FORMEN DER VAGOTOMIE**

von

Günter Joachim Knechtel

aus

Reichenberg

1976 № 287



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543128_0067

Aus der Chirurgischen Klinik mit Poliklinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
(Direktor: Prof. Dr. med. G. Hegemann)

**DIE ELEKTRISCHE AKTIVITÄT IM GASTRODUODENAL-
BEREICH BEIM HUND UND IHRE VERÄNDERUNG
NACH VERSCHIEDENEN FORMEN DER VAGOTOMIE**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
dem Fachbereich Medizin
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt
von
Günter Joachim Knechtel
aus
Reichenberg

Gedruckt mit Erlaubnis des Fachbereichs Medizin
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. E. Rügheimer

Referent: Priv.Do. Dr. E. Mühe

Korreferent: Prof. Dr. G. Hegemann

Tag der mündlichen Prüfung: 21. Juni 1976

INHALTSVERZEICHNIS

I	EINLEITUNG	1
II	MATERIAL UND METHODE	7
III	EIGENE ERGEBNISSE	14
	A Frequenzverhalten des Schrittmacher- potentials	
	B Der Anteil regelmäßiger Zyklen des Schrittmacherpotentials	28
	C Häufigkeit der Aktionspotentiale	37
IV	DISKUSSION	41
V	ZUSAMMENFASSUNG	55
VI	LITERATURVERZEICHNIS	59

Nachdem die kausale Beziehung zwischen Aktivität des Vagusnerven und Stimulation der säureproduzierenden Zellen des Magens hinreichend bekannt war und ein Zusammenhang zwischen chronisch erhöhtem Säuregehalt des Magens und Duodenalulcus für gesichert galt, führten 1943 DRAGSTEDT und OWENS die bilaterale Durchtrennung des Vagusnerven als therapeutisches Mittel zur Behandlung des ulcus duodenale ein (23). Dieses operative Vorgehen führte jedoch bei den Patienten zum Auftreten einer Reihe von Nebenwirkungen wie Diarrhoe, Störungen der Pankreasfunktion und des Gallenflusses. Durch Entwicklung und Anwendung der selektiven Vagotomie konnten unter Erhaltung der Vagusinnervation von Duodenum, Pankreas und Gallenwegen Störungen der normalen Funktion dieser Organe weitgehend vermieden werden (25, 27, 28, 36, 52, 64).

Nebenwirkungen in Form von Diarrhoe, Speisenretention und Dumping, deren Ursache in einer gestörten Magenentleerung zu suchen war, konnten schließlich durch Anwendung der hochselektiven oder auch

Parietalzellvagotomie, signifikant in ihrem Auftreten vermindert werden (4, 18, 27, 29, 32 - 34, 37, 39, 41).

Der Entwicklung operativer Vagotomietechniken parallel liefen experimentelle Untersuchungen an Tieren zur Klärung der pathophysiologischen Ursachen der genannten postoperativen Nebenwirkungen. Dabei wurde dem Magen als primärem Erfolgsorgan der Vagotomie zunächst überwiegende Beachtung zuteil. Es wurden in jüngerer Zeit, insbesondere durch Untersuchungen der elektrischen Aktivität der Magenwand mittels elektromyographischer Techniken Informationen gesammelt, die eine grundlegende Erklärung der Vagusfunktion bei der Magenentleerung sowie ihrer jeweiligen Störungen bei verschiedenen Vagotomieformen ermöglichten.

Entscheidender Parameter der elektromyographischen Registrierung ist die elektrische Grundaktivität der Magenwand, das Schrittmacherpotential, slow waves oder pacesetter-potential im angelsächsischen Sprachraum.

Es handelt sich dabei um ein regelmäßiges, rhythmisches,

dreiphasiges elektrisches Potential, das sich in den caudalen Zweidritteln des Corpus sowie im Antrum nachweisen läßt. Es nimmt seinen Ursprung im Corpusbereich und wird mit wachsender Geschwindigkeit bei gleichbleibender Frequenz in das Antrum fortgeleitet. Die Schrittmacherpotentiale werden zu einem reproduzierbar häufigen Anteil - je nach Füllungsgrad des Magens - von Aktionspotentialen überlagert. Diese indizieren Kontraktionen der Wandmuskulatur (15, 20, 22, 24, 30, 31, 40, 42, 48, 53, 56, 57).

Experimentelle Untersuchungen der elektrischen Grundaktivität nach verschiedenen Formen der Vagotomie ergaben einige charakteristische Veränderungen (22, 30, 31, 40, 42, 47, 48, 56, 57, 63).

1. Es kommt zu einer Änderung der Wellenform und einer Abnahme der Amplitude. Die Häufigkeit des Auftretens von antralen Aktionspotentialen sinkt.
2. Der Anteil der regulären, regelmäßigen Frequenzmuster vermindert sich.

3. Charakteristische Reaktionen des elektrischen Verhaltens nach Insulinstimulationen fehlen.
4. Der Grad sämtlicher Änderungen ist proportional dem Ausmaß der vagalen Denervierung.

Diese Änderungen des Schrittmacherpotentials und damit der gesamten Koordination der Magenmotilität scheinen grundlegend zu sein für schon früh entdeckte Folgezustände der Vagotomie, wie etwa herabgesetzter Tonus der Magenwand (16), verminderte Kontraktionsfähigkeit (8, 58), gestörte Peristaltik und verlangsamte Magenentleerung von fester Nahrung bei eher beschleunigter Passage von Flüssigkeit (55, 61, 63).

Bei elektromyographischen Untersuchungen der Wand des Dünndarms konnte gleichfalls die Existenz sogenannter Schrittmacherpotentiale nachgewiesen werden (7, 11, 14, 24, 43, 51). Sie werden wie jene der Magenwand in einer definierten zeitlichen Beziehung von Aktionspotentialen überlagert, deren Auftreten von meßbaren Veränderungen der mechanischen Wandkontraktion begleitet ist (7, 11, 14, 24). Die

Frequenz ist etwa dreifach höher als die der antralen Schrittmacherpotentiale (14, 24). Darüberhinaus wird eine graduelle Frequenzabnahme vom pylorusfernen Duodenum ausgehend bis hin zum terminalen Ileum beobachtet (14, 46, 51). Neuere Untersuchungen konnten zeigen, daß im pylorusnahen Bereich des Duodenums Schrittmacherpotentiale abgeleitet werden können, die in Form, Frequenz und Amplitude den antralen Schrittmacherpotentialen entsprechen und erst in Höhe der Papilla Vateri von den schon früher registrierten höherfrequenten Schrittmacherpotentialen abgelöst werden (12, 13, 19, 24). Die vorliegende Arbeit will die Wirkung verschiedener Vagotomieformen auf die Schrittmacherpotentiale des gastroduodenalen Bereiches klären, und zwar mit besonderer Berücksichtigung der im pylorusnahen Duodenalbereich ableitbaren elektrischen Aktivität. Im einzelnen sollen unter Anwendung elektromyographischer Techniken folgende Fragen geklärt werden.

1. Welcher Art ist die elektrische Aktivität des Antrums, des pylorusnahen und pylorusfernen Duodenums?

2. Läßt sich eine Überleitung des antralen Schrittmacherpotentials auf das pylorusnahe Duodenum beobachten?
3. Welche Veränderungen der elektrischen Aktivität zeigen sich im Gastroduodenalbereich nach verschiedenen Formen der Vagotomie?

II MATERIAL UND METHODE

Unsere Experimente wurden durchgeführt an insgesamt 15 Bastardhunden beiderlei Geschlechts, aufgeteilt in drei Gruppen zu je 5 Hunden, mit einem Gewicht zwischen 20 und 25 kg. Sie wurden nach 24-stündiger Nahrungskarenz und Vorbehandlung mit Atropin in Nembutal-Intubationsnarkose (30 mg/kg i. v.) unter sterilen Bedingungen operiert. Die Implantation der drei bipolaren Elektroden (Abb. 1 u. 2) unter die Serosa wurde nach medialer Laparotomie so durchgeführt, daß jeweils eine Elektrode im Antrum vier Zentimeter pylorusfern, im Duodenum zwei Zentimeter pylorusfern und im Duodenum in Höhe der Papille fixiert war.

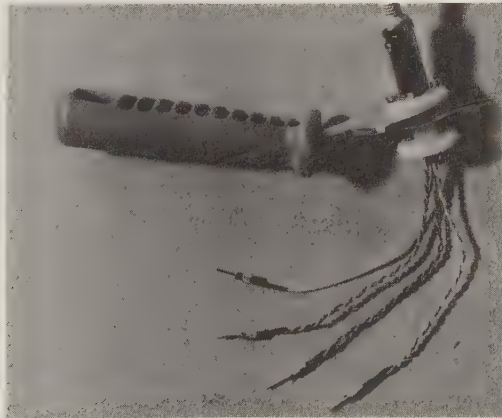


Abb. 1 Bipolare Elektrode mit Halterung

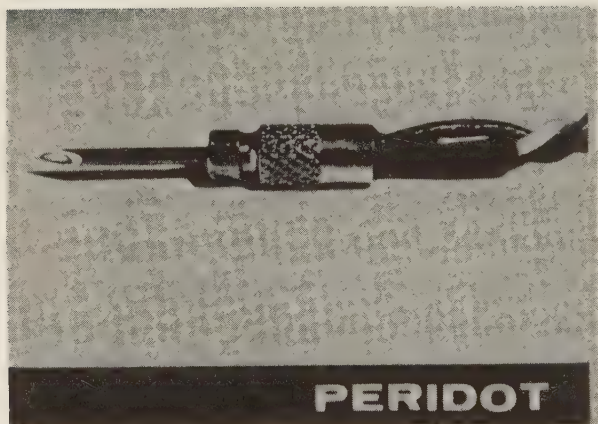


Abb. 2 Bipolare Elektrode

Eine mit nach außen gerichteter Steckdose versehene Halterung am Ende der drei Elektrodenleitungen (Abb.3) wurde in der Bauchwand so implantiert, daß elektrische Potentiale jederzeit über einen Elektromyographen (Typ Tönnies TN-D 555) (Abb. 4) auf einem Leuchtschirm sichtbar gemacht und mittels einer Polaroidkamera dokumentiert werden konnten.



Abb. 3 Elektrodenhalterung mit Steckdose nach außen

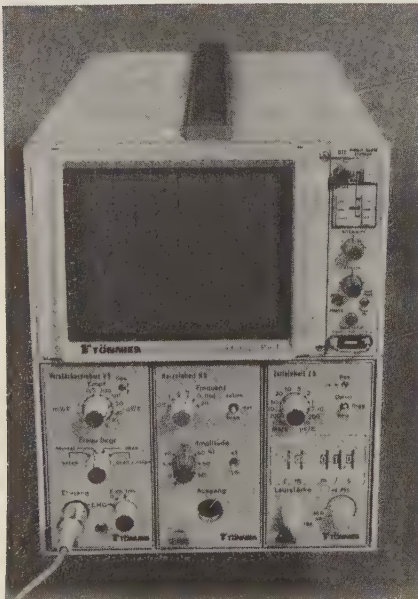


Abb. 4 Elektromyograph

Der Elektromyograph verfügte über eine Trigger-vorrichtung mit wählbarer Amplitudengröße, so daß eine automatische Registrierung von elektrischen Potentialen, die einen definierten Amplitudenschwellenwert überschritten, möglich war. Über einen Speicher konnten beliebige Kurvenabschnitte des über eine Elektrode abgeleiteten elektrischen Potentials auf dem Leuchtschirm festgehalten, fotografiert und analysiert werden.

Die Größen folgender Parameter wurden bestimmt:

1. Frequenz des Schrittmacherpotentials

Dabei wurde je nach Versuchsgruppe über eine definierte Zeit das elektrische Potential abgeleitet. Mit Hilfe des Triggermechanismus konnten die Schrittmacherpotentiale automatisch registriert werden. Die Angabe der Frequenz erfolgt in Zyklen/min. Ein Zyklus bedeutet den raum-zeitlichen Abstand zweier Schrittmacherpotentiale. Die Frequenzbestimmung erfolgte nur in Phasen regelmäßiger Zyklenabläufe.

2. Der Zeitanteil von regelmäßigen Zyklen des Schrittmacherpotentials prozentual einer definierten Registrierungszeit (Anteil regelmäßiger Zyklen).

Über eine definierte Zeit wurde das elektrische Potential kontinuierlich abgeleitet und mit Hilfe einer Stoppuhr die Phasen unregelmäßiger Zyklenaktivität zeitlich bestimmt.

3. Anteil von Aktionspotentialen

Dabei wurde das Auftreten von Aktionspotentialen innerhalb eines Schrittmacherpotential-Zyklus identifiziert und von 60 abgeleiteten Zyklen der Anteil der Zyklen mit Aktionspotentialen prozentual bestimmt. Die Bestimmung erfolgte auch hier nur in Phasen regelmäßiger Schrittmacherpotential-Zyklusabläufe.

Zur Durchführung der Experimente wurden die 15 Hunde in drei Gruppen zu je 5 Hunden aufgeteilt. Innerhalb der ersten Gruppe wurde die Kontrollwertbestimmung durchgeführt. Nach der Implantation der Elektroden wurden unmittelbar postoperativ, am ersten und am

fünften postoperativen Tag Messungen in folgender Weise durchgeführt:

- Zur Bestimmung der Schrittmacherpotential-Frequenz wurde über jede der drei Elektroden die elektrische Aktivität 10 Minuten lang registriert.
- Zur Bestimmung des Anteils regelmäßiger Zyklen wurde über jede Elektrode die elektrische Aktivität kontinuierlich 20 Minuten lang abgeleitet.
- Zur Bestimmung der Aktionspotential-Häufigkeit wurden 60 Schrittmacherpotential-Zyklen bezüglich des Auftretens von Aktionspotentialen geprüft und registriert.

Bei den Hunden der zweiten Gruppe wurde zunächst eine bilaterale Trunkalvagotomie durchgeführt. Im Anschluß daran wurden die Elektroden implantiert und unmittelbar postoperativ, am ersten und am fünften postoperativen Tag Messungen in folgender Weise vorgenommen:

- Zur Bestimmung der Schrittmacherpotential-Frequenz wurde über jede Elektrode die elektrische Aktivität 10 Minuten lang registriert. Beim Auftreten von Phasen unregelmäßiger Zyklenaktivität wurde die

Schrittmacherpotential-Häufigkeit in kürzeren Zeitintervallen (bei regelmäßiger Zyklenaktivität) bestimmt, aber immer so, daß die Summe der Zeitabschnitte etwa 10 Minuten ergab.

- Zur Bestimmung des Anteils regelmäßiger Zyklen wurde wiederum über 20 Minuten kontinuierlich die elektrische Aktivität registriert.
- Zur Bestimmung der Aktionspotential-Häufigkeit wurden 60 regelmäßige Zyklen auf das Auftreten von Aktionspotentialen hin geprüft.

In der dritten Gruppe (5 Hunde) wurde zunächst eine Parietalzellvagotomie durchgeführt. Anschließend wurden die drei Elektroden implantiert und unmittelbar postoperativ, am ersten und am fünften postoperativen Tag Messungen in gleicher Weise wie bei der zweiten Gruppe vorgenommen.

Alle Messungen wurden an nüchternen Hunden in Nembutalnarkose durchgeführt. Pro Hund und Tag betrug die Zeit der Registrierung 90 bis 120 Minuten.

III EIGENE ERGEBNISSE

A Frequenzverhalten des Schrittmacherpotentials

a Kontrollwerte

Bei nicht vagotomierten Hunden wurde im Antrum ein regelmäßiges, zyklisches Muster von Schrittmacherpotentialen gefunden (Abb. 5 u. 6).

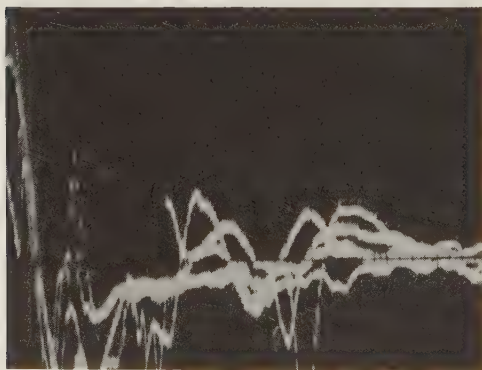


Abb. 5 Fünf Schrittmacherpotential-Kurven während einer Minute registriert und gespeichert (Antrum).

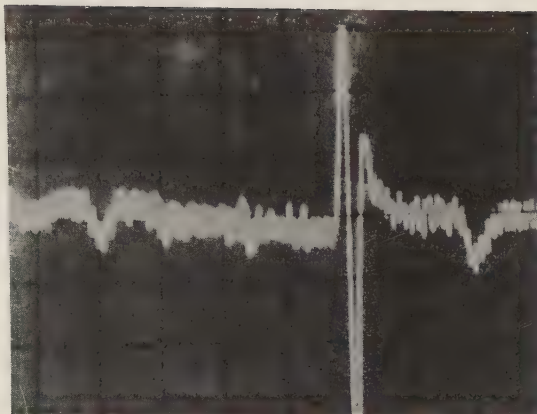


Abb. 6 Schrittmacherpotential im Antrum

Die Frequenz der antralen Schrittmacherpotentiale lag bei einem durchschnittlichen Wert von $5,49 \pm 0,17$ Zyklen/min (Tab. 1).

ORT CYCL/MIN		ANTRUM	PYLOR. NAH. DUODENUM	PYLORUSFERN, DUODENUM
HUND	1	5,64	5,53	18,86
	2	5,64	5,73	17,23
	3	5,27	5,46	17,36
	4	5,37	(141)	17,9
	5	5,54	5,4	17,86
GROSSES MITTEL		$5,49 \pm 0,17$	$5,53 \pm 0,15$	$17,84 \pm 0,64$
TAB 1 KONTROLLWERTE (MITTEL) DES SCHRITTMACHER- (Frequenz-) POTENTIALS				

Die Werte bei den einzelnen Hunden streuten nur geringfügig, ebenso war die Abweichung der Werte beim gleichen Hund an verschiedenen Tagen klein (Abb. 7).

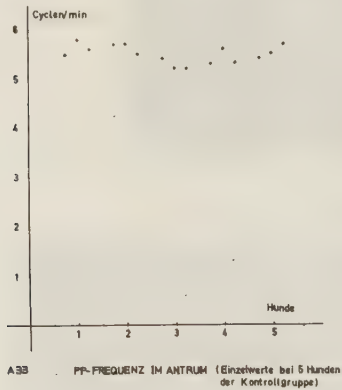


Abb. 7 Schrittmacherpotential-Frequenz im Antrum (Einzelwerte bei 5 Hunden der Kontrollgruppe).

Wie im Antrum, so wurde auch im pylorusnahen Duodenum ein regelmäßiges, zyklisches Schrittmacherpotential abgeleitet (Abb. 8).

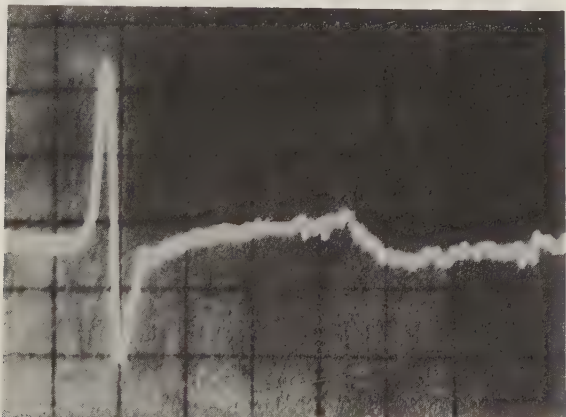


Abb. 8 Schrittmacherpotential im pylorusnahen Duodenum

Die Messungen im pylorusnahen Duodenum ergaben einen mittleren Frequenzwert von $5,53 \pm 0,15$ Zyklen/min (s. Tab. 1). Die Zyklusfrequenz von Hund Nr. 4 war dabei deutlich höher als bei den übrigen Hunden (Mittelwert der Einzelmessungen 14,1 Zyklen/min (s. Tab. 1). Bei der Bestimmung des großen Mittels

sind die Werte bei diesem Hund ausgeklammert worden. Die Streuung der Werte bezüglich der einzelnen Hunde und bezüglich des gleichen Hundes an verschiedenen Tagen war auch hier klein (Abb. 9).

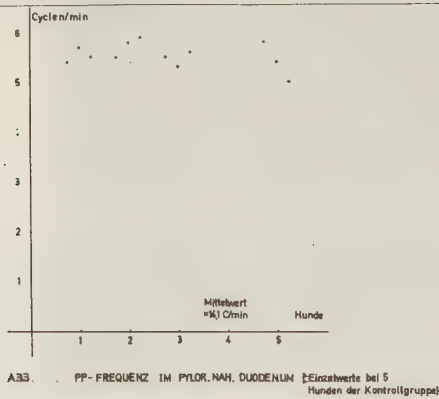


Abb. 9 Schrittmacherpotential-Frequenz im pylorusnahen Duodenum (Einzelwerte bei 5 Hunden der Kontrollgruppe)

Im pylorusfernen Duodenum wurde gleichfalls ein regelmäßiges, zyklisches Schrittmacherpotential abgeleitet (Abb. 10).

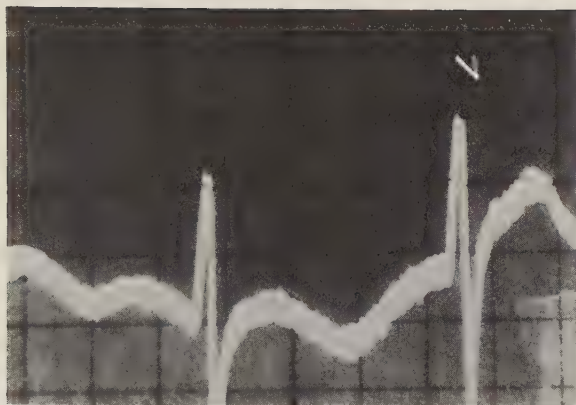


Abb. 10 Schrittmacherpotential im pylorusfernen
Duodenum

Seine Frequenz lag bei einem durchschnittlichen Wert von $17,84 \pm 0,64$ Zyklen/min (s. Tab. 1), wobei die Streuung der Werte innerhalb der beiden schon genannten Datengruppen (Hunde; Tage) wiederum gering war (Abb. 11).

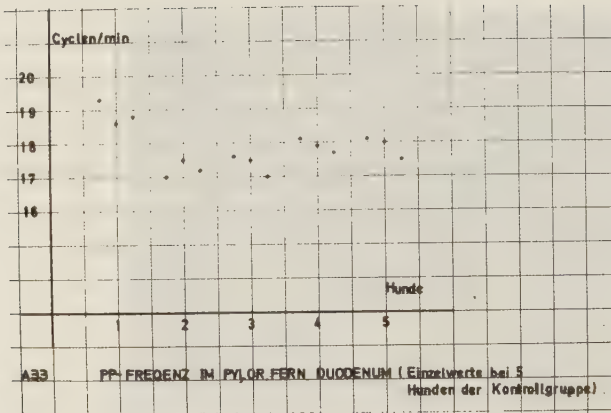


Abb. 11 Schrittmacherpotential-Frequenz im pylorus-
fernen Duodenum (Einzelwerte bei 5 Hunden
der Kontrollgruppe)

b Werte nach Trunkalvagotomie

Im Antrum ergab die Bestimmung der Zyklenfrequenz
nach Trunkalvagotomie einen mittleren Wert von
 $5,63 \pm 0,16$ Zyklen/min (Tab. 2).

ORT C/MIN.	ANTRUM	PYLOR. NAH. DUODENUM	PYLOR. FERN. DUODENUM
TRUNKAL VAGOT.	$5,63 \pm 0,16$	$5,74 \pm 0,11$	$17,55 \pm 0,49$
PARIETALZELL VAGOT.	$5,57 \pm 0,24$	$5,59 \pm 0,16$	$17,86 \pm 0,3$
KONTROLL- GRUPPE	$5,49 \pm 0,17$	$5,53 \pm 0,15$	$17,84 \pm 0,64$

TAB. 2: FREQUENZWERTE DES SCHRITTMACHERPOTENTIALS

Wegen des hohen Anteils unregelmäßiger Schrittmacher-
potentiale am ersten postoperativen Tag (Abb. 12)
war eine Bestimmung der Frequenz nur bei Hund Nr. 4
möglich.

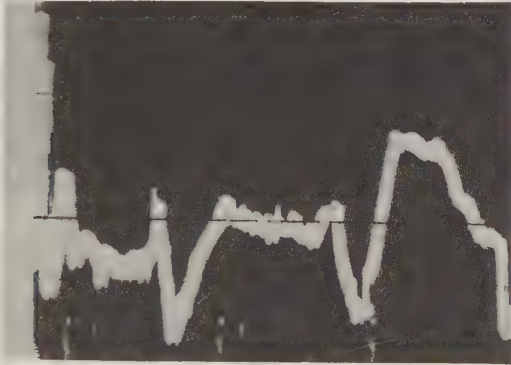


Abb. 12 Unregelmäßige Zyklen (Schrittmacherpotential
im Antrum nach Trunkalvagotomie)

Bei Hund Nr. 5 war wegen des gleichbleibenden Anteils
unregelmäßiger Potentiale auch am fünften postoperativen
Tag eine Bestimmung der Frequenz nach dem angegebenen
Verfahren nicht möglich. Die zu geringe Anzahl der
Daten ließ eine Unterscheidung der unmittelbar post-
operativ im Antrum bestehenden Zyklenfrequenz und

derjenigen am fünften postoperativen Tag nicht zu. Alle Werte streuten zwischen 5,9 und 5,4 Zyklen/min (Abb. 13).

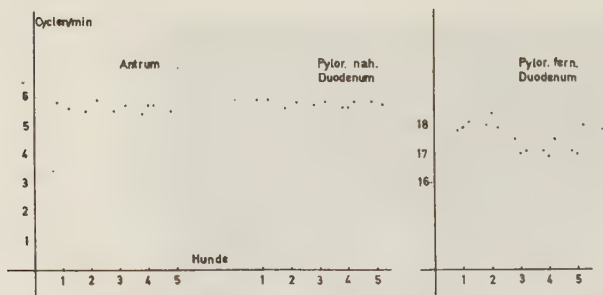


Abb. 13 PP-FREQUENZ NACH TRUNKALVAGOTOMIE (Einzelwerte bei 5 Hunden)

Abb. 13 Schrittmacherpotential-Frequenz nach Trunkalvagotomie (Einzelwerte bei 5 Hunden).

Unsere Messungen im pylorusnahen Duodenum (Abb. 14) ergaben einen durchschnittlichen Wert der Zyklenfrequenz von $5,74 \pm 0,11$ Zyklen/min (s. Tab. 2).

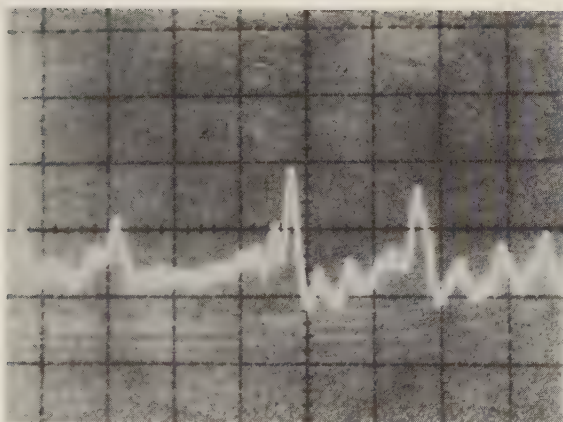


Abb. 14 Unregelmäßige Zyklen (Schrittmacherpotential
im pylorusnahen Duodenum nach Trunkalvagotomie).

Auch hier war nur bei Hund Nr. 4 eine Bestimmung der Zyklenfrequenz am ersten postoperativen Tag möglich, allerdings bei Hund Nr. 5 auch am fünften postoperativen Tag. Über den Unterschied der Daten unmittelbar postoperativ und derjenigen am fünften postoperativen Tag läßt sich, wie im Antrum, nichts aussagen. Alle Werte streuten zwischen 5,5 und 5,9 Zyklen/min (s. Abb. 13).

Im pylorusfernen Duodenum lag die durchschnittliche Zyklenfrequenz des Schrittmacherpotentials bei $17,55 \pm 0,49$ Zyklen/min (s. Tab. 2). Hier war an

allen Meßtagen die Registrierung eines regelmäßigen Schrittmacherpotentials möglich. Wie bei den Kontrollwerten war die Streuung der Werte klein (s. Abb. 13).

c Frequenzwerte nach Parietalzellvagotomie

Der durchschnittliche Wert des Schrittmacherpotentials im Antrum lag bei $5,57 \pm 0,24$ Zyklen/min (s. Tab. 2). Bei Hund Nr. 2 war aufgrund des hohen Anteils unregelmäßiger Schrittmacherpotentiale eine Frequenzbestimmung nicht möglich.

Im pylorusnahen Duodenum wurde eine durchschnittliche Zyklenfrequenz von $5,59 \pm 0,16$ Zyklen/min (s. Tab. 2) beobachtet.

Im pylorusfernen Duodenum war die durchschnittliche Frequenz des Schrittmacherpotentials $17,66 \pm 0,3$ Zyklen/min (s. Tab. 2). Die Streuung der Werte bei den einzelnen Hunden oder bei einem Hund an verschiedenen Tagen war ebenso

wie bei der Kontrollgruppe geringfügig (Abb. 15).

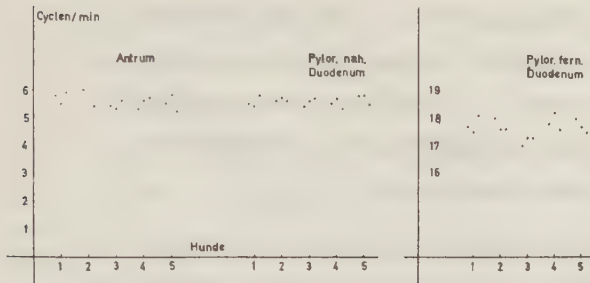


Abb. 15 PP-FREQUENZ NACH PARIETALZELLVAGOTOMIE (Einzelwerte bei 5 Hunden)

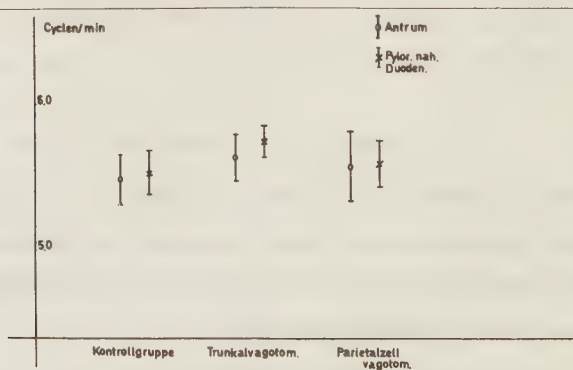
Abb. 15 Schrittmacherpotential-Frequenz nach
Parietalzellvagotomie (Einzelwerte bei
5 Hunden)

Aufgrund unserer Bestimmung der Frequenz des Schrittmacherpotentials läßt sich folgendes sagen:

- Bei nicht vagotomierten Hunden existiert im Gastro-duodenalbereich (Antrum, Duodenum) ein regelmäßiges, zyklisches Schrittmacherpotential.
- Im pylorusnahen Duodenum läßt sich ein Schrittmacherpotential ableiten, das sich in seiner Frequenz

nicht signifikant von dem des Antrums unterscheidet (s. Tab. 1).

- Das Schrittmacherpotential des pylorusfernen Duodenums liegt mit seiner Frequenz um etwa das Dreifache höher als das Schrittmacherpotential, das im Antrum und pylorusnahen Duodenum abgeleitet werden kann (s. Tab. 1).
- Sowohl nach trunkaler als auch nach Parietalzellvagotomie ist eine signifikante Änderung der Schrittmacherpotential-Frequenz weder im Antrum noch im pylorusnahen noch im pylorusfernen Duodenum feststellbar (Abb. 16 u. 17).



A33 PP-FREQUENZ IM ANTRUM UND PYLOR. NAH. DUODENUM (Mittelwerte)

Abb. 16 Schrittmacherpotential-Frequenz im Antrum und pylorusnahen Duodenum (Mittelwerte)

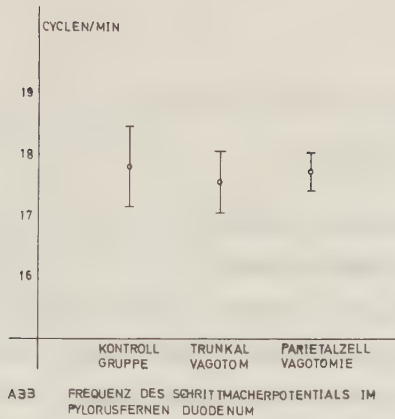


Abb. 17 Frequenz des Schrittmacherpotentials
im pylorusfernen Duodenum

- Wie bei der Kontrollgruppe so ist auch nach Trunkal- und Parietalzellvagotomie die Streuung der Daten bei den einzelnen Hunden sowie bei einem Hund an verschiedenen Tagen klein (s. Abb. 13 u. 15); dies gilt sowohl für das Antrum als auch für pylorusnahes und pylorusfernes Duodenum.

B Der Anteil regelmäßiger Zyklen des Schrittmacherpotentials

Wie schon erwähnt, verstehen wir unter Anteil regelmäßiger Zyklen des Schrittmacherpotentials den prozentualen Zeitanteil von periodischen, in regelmäßigen Zeitabständen wieder auftretenden Schrittmacherpotentialen, bezogen auf eine Gesamtregistrierzeit von 20 Minuten.

a Kontrollwerte

Sowohl im Antrum als auch im pylorusnahen sowie im pylorusfernen Duodenum lag der Anteil regelmäßiger Zyklen des Schrittmacherpotentials bei annähernd 100 %. Einzelne, in nahezu allen Ableitungen auftretende, flüchtige Unregelmäßigkeiten des Schrittmacherpotentials wie Formveränderungen oder ganz vereinzelt plötzliche Frequenzzunahme fielen prozentual nicht ins Gewicht und waren als eigene Kategorie nicht sicher abgrenzbar.

b nach Trunkalvagotomie

Unmittelbar postoperativ war im Antrum mit einem durchschnittlichen Anteil regelmäßiger Zyklen von $93 \pm 2,4 \%$ nur eine geringe Abnahme gegenüber den Kontrollwerten festzustellen. Am ersten operativen Tag allerdings kam es dann zum Anstieg von oft Minuten anhaltenden unregelmäßigen, polytopen, in Form und Amplitude veränderten Schrittmacherpotentialen, so daß der Anteil der regelmäßigen Zyklen auf $24 \pm 19,5 \%$ absank.

Am fünften postoperativen Tag kam es zu einer relativen Verminderung des Auftretens von unregelmäßigen Schrittmacherpotentialen; der Anteil regelmäßiger Zyklen stieg auf $40,5 \pm 15,4 \%$ an, konnte jedoch bei weitem nicht die Höhe der Kontrollwerte erreichen (Tab. 3 u. Abb. 18).

Ort + postop.- Tag R Anteil in %	ANTRUM			PYLORUSNAH. DUODENUM			PYLORUSFERN, DUODENUM
	unmittelb. p. o.	1. po. Tag	5. po. Tag	unmittelb. p. o.	1. po. Tag	5. po. Tag	mitt. Messung
TRUNKAL VAGOTOMIE	$93 \pm 2,4$	$24 \pm 19,5$	$40,5 \pm 15,4$	-100	$31,5 \pm 18,1$	$46 \pm 18,6$	-100
ARIETALZELL VAGOTOMIE	-100	$60,5 \pm 12,7$	$70,5 \pm 17,3$	-100	$82 \pm 11,9$	$91,5 \pm 9,5$	-100
KONTROLL GRUPPE	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100

TAB. 3 PROZENTUALER ANTEIL REGELMÄSSIGER SCHRITTMACHERPOTENTIALCYCLEN

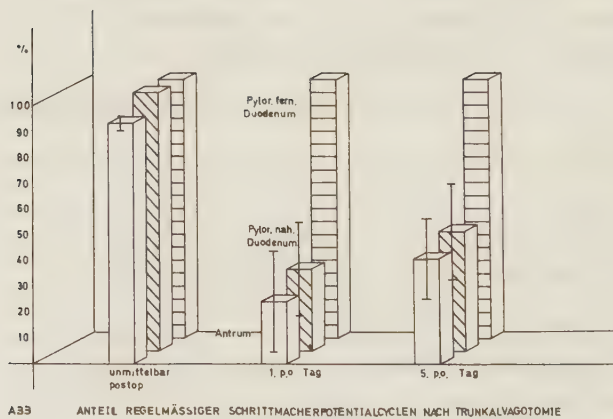


Abb. 18 Anteil regelmäßiger Schrittmacherpotential-
Zyklen nach Trunkalvagotomie

Pylorusnahe war unmittelbar postoperativ mit Ausnahme nicht sicher vom normalen Kurvenverlauf abgrenzbarer Unregelmäßigkeiten des Schrittmacherpotentials ein Absinken des Anteils regelmäßiger Zyklen gegenüber dem Kontrollwert nicht feststellbar; er lag auch bei annähernd 100 %. Am ersten postoperativen Tag fand sich bei der Registrierung ein dem Antrum ähnlicher Kurvenverlauf. Der Anteil regelmäßiger Zyklen sank auf $31,5 \pm 18,1$ % ab. Am fünften postoperativen Tag fand sich zwar ein Zuwachs des Anteils regelmäßiger Zyklen auf $46 \pm 18,6$ %, der Kontrollwerte konnte aber bei weitem nicht erreicht werden (s. Tab. 3 u. Abb. 18).

Im pylorusfernen Duodenum waren bei der Registrierung des Schrittmacherpotentials keine sicher abgrenzbaren, unregelmäßigen Kurvenverläufe zu beobachten. Der Anteil regelmäßiger Zyklen lag wie der Kontrollwert bei 100 % (s. Tab. 3 u. Abb. 18).

c nach Parietalzellvagotomie

Im Antrum lag der Anteil regelmäßiger Zyklen unmittelbar postoperativ bei 100 %. Er sank ähnlich wie bei der Trunkalvagotomie, allerdings in viel geringerem Ausmaß, am ersten postoperativen Tag auf $60,5 \pm 12,7$ % ab, um schließlich am fünften postoperativen Tag wieder auf $78,5 \pm 17,3$ % anzusteigen, ohne allerdings die Höhe des Kontrollwertes zu erreichen (s. Tab. 3 u. Abb. 19).

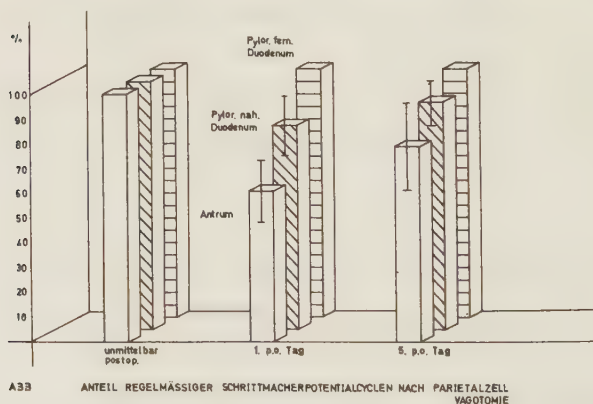


Abb. 19 Anteil regelmäßiger Schrittmacherpotential-Zyklen nach Parietalzellvagotomie

Im pylorusnahen Duodenum war unmittelbar postoperativ der Anteil regelmäßiger Zyklen mit 100 % gleich dem Kontrollwert. Ein geringfügiger, aber noch signifikanter Abfall des Anteils regelmäßiger Zyklen fand sich am ersten postoperativen Tag, er lag bei $82 \pm 11,9$ %. Am fünften postoperativen Tag war nur bei zwei Hunden ein leichter Abfall des Anteils regelmäßiger Zyklen zu registrieren, er lag im Mittel bei $91,5 \pm 9,5$ % (s. Tab. 3 u. Abb. 19).

Im pylorusfernen Duodenum war kein Unterschied zur Kontrollgruppe feststellbar, der Anteil regelmäßiger Zyklen lag bei 100 % (s. Tab. 3 u. Abb. 19).

Aufgrund unserer Bestimmungen des Anteils regelmäßiger Zyklen ergibt sich folgendes:

- Sowohl im Antrum als auch im pylorusnahen sowie pylorusfernen Duodenum findet sich beim nüchternen, nicht vagotomierten Hund ein regelmäßiges, in festem zeitlichen Abstand wiederkehrendes, relativ formkonstantes Schrittmacherpotential. Der Anteil, der von dieser Regelmäßigkeit abweichenden Schrittmacherpotentiale ist, wenn

überhaupt abgrenzbar, vernachlässigbar gering.

Sowohl nach Trunkalvagotomie als auch nach Parietalzellvagotomie zeigen sich signifikante Veränderungen des Anteils regelmäßiger Zyklen gegenüber der Kontrollgruppe. Die Veränderungen des Anteils regelmäßiger Zyklen sind abhängig von der Zeit, die postoperativ vergangen ist.

Bei einem nur geringen oder gar keinem Abfall des Anteils regelmäßiger Zyklen unmittelbar postoperativ kommt es am ersten postoperativen Tag zu einer erheblichen Verminderung des Prozentsatzes regelmäßiger Schrittmacherpotentiale; am fünften postoperativen Tag ist der Anteil regelmäßiger Zyklen wieder angestiegen ohne die Höhe des Kontrollwertes zu erreichen (s. Abb. 18, 19 u. Abb. 20, 21).

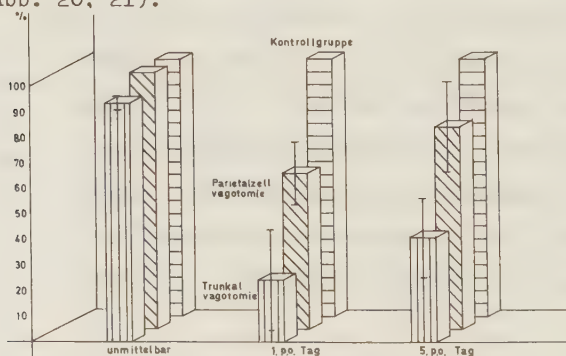


Abb. 20 Anteil regelmäßiger Schrittmacherpotential-Zyklen (Antrum).

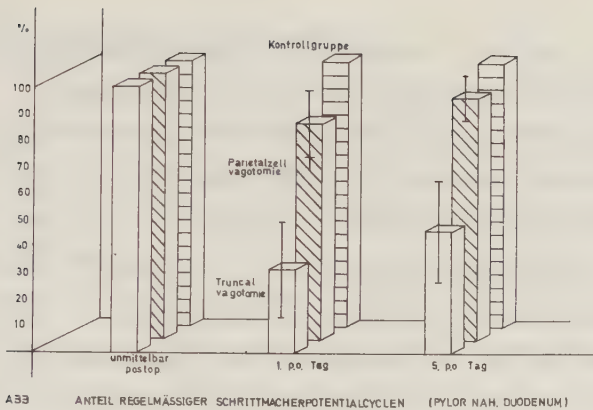


Abb. 21 Anteil regelmäßiger Schrittmacherpotential-Zyklen

- Diese Änderungstendenz des Anteils regelmäßiger Zyklen findet sich im pylorusnahen Duodenum in gleicher Weise wie im Antrum, allerdings ist der Einfluß der Vagotomie im pylorusnahen Duodenum weniger groß, die numerischen Werte des Anteils regelmäßiger Zyklen sind im Mittel dort höher. Statistisch signifikante Unterschiede lassen sich wegen der zu geringen Anzahl der Werte nicht in Zahlen angeben (s. Abb. 18 u. 19).

- Im pylorusfernen Duodenum zeigt sich keinerlei Einfluß der Vagotomie; der Anteil regelmäßiger Zyklen sowohl nach Trunkalvagotomie als auch nach Parietalzellvagotomie ist gleich dem der Kontrollgruppe (s. Abb. 18 u. 19).

Nach Parietalzellvagotomie ist die gleiche Art der Änderung des Anteils regelmäßiger Zyklen wie bei der Trunkalvagotomie zu beobachten. Allerdings ist sowohl im Antrum als auch im pylorusnahen Duodenum quantitativ diese Änderung nach Parietalzellvagotomie kleiner (s. Abb. 20 u. 21).

C Häufigkeit der Aktionspotentiale

Die Aktionspotential-Häufigkeit (d. h. prozentualer Anteil derjenigen Schrittmacherpotential-Zyklen mit Aktionspotential von 60 Schrittmacherpotential-Zyklen/Messung) wurde ausschließlich im Antrum bestimmt, da pylorusfern Aktionspotentiale fast gar nicht und im pylorusnahen Duodenum nur sehr spärlich festgestellt werden konnten.

a Kontrollwerte

Bei einem mittleren Wert von $30,8 \pm 8 \%$ war im Antrum in einem relativ großen Streubereich (Abb. 22) bei etwa einem Drittel aller Schrittmacherpotential-Zyklen das Auftreten von Aktionspotentialen zu beobachten (Abb. 23).

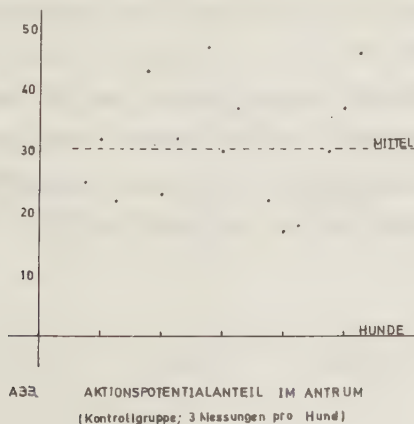


Abb. 22

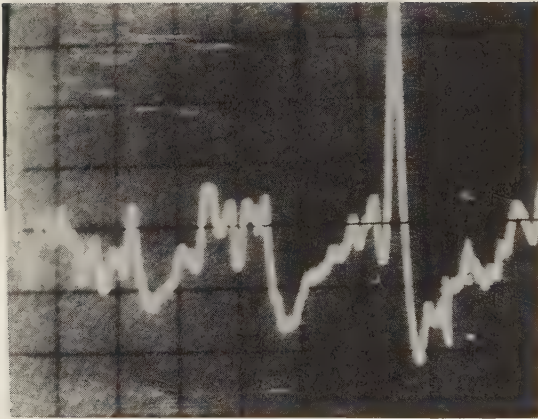


Abb. 23 Schrittmacherpotential-Zyklus mit
Aktionspotentialen (Antrum)

b nach Trunkalvagotomie

Da nur bei regelmäßigen Schrittmacherpotential-Zyklen über das Auftreten von Aktionspotentialen entschieden werden konnte, war nur unmittelbar postoperativ und am fünften postoperativen Tag die Bestimmung der Aktionspotential-Häufigkeit möglich. Sie lag im Mittel bei $27,3 \pm 4,7 \%$.

c nach Parietalzellvagotomie

Auch hier wurde nur unmittelbar postoperativ und am fünften postoperativen Tag der Aktionspotential-Anteil bestimmt. Es ergab sich ein mittlerer Wert von $30,2 \pm 7,1$ %.

Da die Werte der Aktionspotential-Häufigkeit bei allen drei Gruppen stark streuten, (s. Abb. 23) ist eine signifikante Änderung zur Kontrollgruppe weder nach Trunkalvagotomie noch nach Parietalzellvagotomie feststellbar. Es zeigt sich in unseren Ergebnissen eine Tendenz zur Verminderung der Aktionspotential-Häufigkeit nach Vagotomie. Der Grad der Verminderung scheint durch das Ausmaß der Vagotomie bestimmt zu sein (Abb. 24).

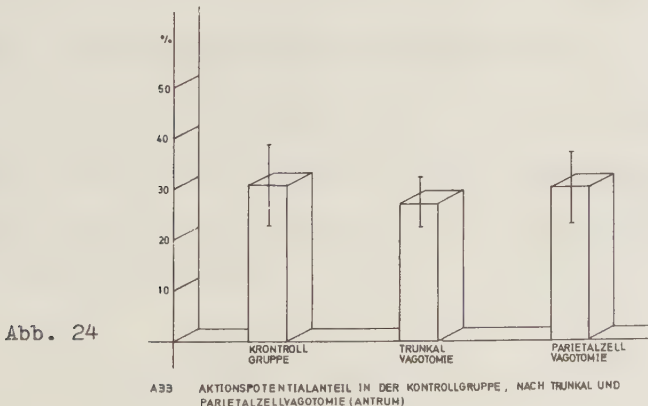


Tabelle 4 zeigt die numerischen Werte des Anteils von Aktionspotentialen in der Kontrollgruppe, nach Trunkal- und Parietalzellvagotomie.

Vagotomie AP- Anteil in %	typ	KONTROLL GRUPPE	TRUNKAL VAGOTOMIE	PARIETALZELL VAGOTOMIE
ANTRUM		30.8 ± 8	27.3 ± 4.7	30.2 ± 7.1

TAB. 4 PROZENTUALER AKTIONSPOTENTIALANTEIL
(pro 60 Schrittmacherpotentialcyclen)

IV DISKUSSION

Die Vagotomie als therapeutische Maßnahme bei Ulcus-krankheiten des Magens (38) und insbesondere des Duodenums hat zum Ziel, die Salzsäureproduktion des Magens zu reduzieren, wobei Nebenwirkungen in Form von Änderungen der normalen Magenmotilität und der daraus sich ergebenden Entleerungsstörungen möglichst vermieden werden sollen.

Verschiedene Autoren (18, 26, 39) beschreiben übereinstimmend eine Abnahme der Sekretion von Magensäure und Pepsin nach trunkaler sowie Parietalzellvagotomie. Gleichfalls übereinstimmend wird berichtet über das Auftreten von Diarrhoe, Speisenretention mit Erbrechen sowie Dumping im Anschluß an die operative Unterbrechung der Vagusinnervation, und zwar steigt die Häufigkeit der Nebenwirkungen proportional dem Ausmaß der vagalen Denervierung (4, 18, 25, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 36, 37, 39, 41, 64). Experimente an Tieren und Menschen wurden unternommen, um die physiologischen Bedingungen der postoperativen klinischen Symptomatik zu erklären. Seit ihrer Ent-

deckung durch ALVAREZ (3) ist die elektrische Aktivität der Muskulatur - zunächst des Magens - intensiv untersucht worden. Sie erwies sich als ein einfacher, vergleichsweise leicht zu registrierender Parameter zur Definition, aber auch zur experimentellen Klärung der normalen Magenmotilität sowie ihrer Störungen, etwa durch Vagotomie.

Bei der Aufzeichnung der elektrischen Aktivität im Antrum des nicht vagotomierten nüchternen Hundes fanden wir ein regelmäßiges, in festem zeitlichen Abstand wiederkehrendes, amplitudenkonstantes elektrisches Potential mit einer Frequenz von etwa 5 Zyklen pro Minute. Dieses sogenannte Schrittmacherpotential wurde während etwa einem Drittel der Registrierzeit von Aktionspotentialen überlagert. Gleiche Eigenschaften des antralen Schrittmacherpotentials wurden von anderen Autoren beschrieben (15, 20, 22, 24, 30, 31, 40, 42, 48, 53, 56, 57). Beim Menschen sind die beobachteten Zyklenfrequenzen mit etwas über 3 Zyklen/min kleiner als beim Hund (24, 42, 57).

Im Einklang mit früheren Autoren zeigen unsere Ergebnisse bei vagotomierten Hunden, daß es sich bei dem registrierten zyklischen Potential um eine autonome elektrische Aktivität myogenen Ursprungs handelt, die auch nach weitestgehender vagaler Denervierung in den unteren Zweidritteln des Corpus nicht jedoch im Magenfundus (53, 59) nachzuweisen ist. Bei unveränderter Frequenz kommt es in Abhängigkeit vom Ausmaß der Vagotomie zu einer erheblichen Zunahme des Anteils unregelmäßiger Zyklen. Dies steht im Einklang mit der Annahme (49), daß im Bereich des unteren Magendrittels elektrisch aktive Elemente im Sinne eines Schrittmachers existieren, die auf noch nicht geklärte Weise durch die Vagusaktivität koordiniert werden und so das beschriebene einheitliche Potentialmuster bilden. Blockierung der Vagusaktivität etwa durch Vagotomie oder Atropin, aber auch experimentelle Stimulierung (50) führen zu einer Entkopplung dieser potentialerzeugenden Elemente; es wird ein unregelmäßiges Schrittmacherpotential multifokaler Genese registriert, die einheitliche Ausbreitungsrichtung vom Corpus zum Antrumbereich ist nicht mehr nachweisbar.

Der Zusammenhang zwischen mechanischer und elektrischer Aktivität der Magenwand ist nicht völlig geklärt. Es gilt jedoch als sicher, daß das Schrittmacherpotential den Ablauf der Magenwandkontraktionen koordiniert (40, 48). Es ist anzunehmen, daß eine Störung des regelmäßigen Potentialmusters, wie sie insbesondere nach Trunkalvagotomie auftritt, auch zu einer Störung des normalen Kontraktionsverhaltens und somit zur einer Entleerungsstörung des Magens führen kann. Der auch von uns registrierte Abfall und Aktionspotentialen nach Vagotomie führt gleichfalls zu einer Minderung der kontraktilen Aktivität im Sinne einer verzögerten Entleerung (40, 56).

Es stellt sich die Frage, warum nach Parietalzellvagotomie mit Pyloroplastik, das heißt nach Durchtrennung der die säureproduzierenden Zellen stimulierenden Vagusfasern unter Erhaltung der vagalen Innervation von Antrum und Duodenum es zwar zu einer ungestörten Entleerung fester Speisen kommt, die Magenentleerung von Flüssigkeit jedoch ähnlich beschleunigt abläuft, wie nach Trunkalvagotomie mit Pyloroplastik. Darüberhinaus bleibt zu klären,

warum überhaupt eine, wenn auch gegenüber Trunkalvagotomie weitaus geringere Störung der antralen Schrittmacherpotentiale auftritt, obgleich die antrale Innervation erhalten bleibt. Zu letzterem ist zu sagen, daß einmal durch die Parietalzellvagotomie nicht nur efferente, sondern auch sensible Fasern durchtrennt werden, so daß durch Störung des vagalen Regelkreises die Koordination des Schrittmacherpotentials nicht mehr in normaler Weise gewährleistet sein könnte. Darüberhinaus ist in Betracht zu ziehen, daß in Praxis mit der Durchtrennung und Ligatur der Vagusfasern auch kleine Gefäße unterbunden werden, wobei aufgrund der empfindlichen Reaktion des Schrittmacherpotentials auf Sauerstoffmangel (31) durch kleine Veränderungen der Blutzirkulation eine Störung des Schrittmacherpotentials bewirkt werden könnte. Bezüglich der beschleunigten Entleerung von Flüssigkeiten auch nach Parietalzellvagotomie ist gleichfalls die dabei nicht vermeidbare Durchtrennung sensibler, aber auch inhibitorischer Fasern (1) des oberen Magendrittels als mögliche Ursache zu diskutieren. Mehreren Autoren zufolge (41, 55, 61, 63)

kommt es nach Parietalzellvagotomie zu einer Störung des vagovagalen Reflexes. Der intragastrale Druck, der beim nicht vagotomierten Magen trotz zunehmender Magenfüllung infolge reflektorischer Minderung der Wandspannung konstant gehalten wird, steigt nach Parietalzellvagotomie mit Pyloroplastik schon bei geringer Füllung infolge zunehmender Wandspannung an, was zu einer beschleunigten Entleerung von Flüssigkeit führt. Eine zusätzliche Trunkalvagotomie zeigt keinen weiteren Einfluß (55). Unterstützt wird dieser Vorgang dadurch, daß die Reizung spezifischer Osmorezeptoren im Duodenum gleichfalls die Magenentleerung beschleunigt (62). Die Entleerung fester Speisen wird durch Parietalzellvagotomie wenig beeinflusst, die Störung der antralen Schrittmacherpotentiale scheint zu gering ausgeprägt. Nach Trunkalvagotomie, insbesondere ohne Pyloroplastik, dagegen ist eine erheblich verzögerte Entleerung fester Speisen zu beobachten. Dem hohen Anteil unregelmäßiger Schrittmacherpotentiale korrespondiert ein ge-

häuftes Auftreten ungeordneter Magenmotilität mit antiperistaltischem Charakter. Die Motilität wird infolge reduzierter Aktionspotential-Häufigkeit insgesamt vermindert. So kam es trotz offenem Pylorus (48) zur Stase des Mageninhalts, was schließlich reflektorisch zu Pylorospasmus und Magenwandatonie führt (47).

Die Angaben bezüglich der Abhängigkeit der Schrittmacherpotential-Veränderungen von der postoperativ vergangenen Zeit sind in der Literatur nicht einheitlich. Während einige Autoren (22, 40, 48, 56, 57) über Schrittmacherpotential-Änderungen ab dem ersten postoperativen Tag berichten, konnten andere (45, 47) keine Störung der elektrischen Aktivität in der frühen postoperativen Phase beobachten.

Unsere Registrierung der veränderten Schrittmacherpotential-Muster nach Vagotomie an verschiedenen postoperativen Zeitpunkten zeigte eine charakteristische Verteilung. Während unmittelbar postoperativ keine Veränderungen zu beobachten waren, kam es am ersten postoperativen Tag zur erheblichen Zu-

nahme des Anteils unregelmäßiger Zyklen. Am fünften postoperativen Tag war ein Rückgang der Veränderungen zu beobachten, die Kontrollwerte wurden jedoch nicht erreicht. Dies war sowohl nach Trunkalvagotomie als auch weniger ausgeprägt nach Parietalzellvagotomie zu beobachten und galt sowohl für die Registrierung im Antrum als auch im pylorusnahen Duodenum. Die Ergebnisse deuten darauf hin, daß in den ersten fünf postoperativen Tagen, insbesondere nach Trunkalvagotomie die Gefahr der Nahrungsretention, beginnender Pylorospastik und schließlich Ausbildung einer Magewandatonie am größten ist.

Die elektrische Aktivität im pylorusnahen Duodenum wird in der Literatur sehr unterschiedlich beschrieben. Während einige Autoren (2, 7) keine Antrumaktivität im postpylorischen Duodenum registrieren konnten und den Pylorus als einen "electric isolator" beschrieben, konnten andere (12, 13, 21, 22, 24) sowohl im Pylorus selbst als auch im pylorusnahen Duodenum eine dem im Antrum registrierten Schrittmacherpotential ähnliche elektrische Aktivität beobachten.

Unsere Ableitungen aus der zwei Zentimeter postpylorisch ins Duodenum implantierten Elektrode zeigten ein Potential, das sich in Form und Frequenz von dem antralen Schrittmacherpotential nicht signifikant unterschied. Zur weiteren Prüfung der These einer Überleitung der antralen Schrittmacherpotentiale ins Duodenum registrierten wir die Änderung der postpylorischen Schrittmacherpotentiale nach Trunkalvagotomie sowie nach Parietalzellvagotomie. Dabei zeigte sich, daß es in vergleichbarer Weise bei nicht veränderter Schrittmacherpotential-Frequenz zu einem Anstieg des Anteils unregelmäßiger Schrittmacherpotentiale kam. Die Größe der Zunahme war wie im Antrum abhängig vom Ausmaß der Vagotomie, das heißt starke Zyklenstörung nach Trunkalvagotomie, weniger starke Veränderung nach Parietalzellvagotomie. Auch die Abhängigkeit der Änderung von der postoperativ vergangenen Zeit war bestimmbar, es zeigte sich kein Unterschied zum Verhalten der antralen Schrittmacherpotentiale. Diese Ergebnisse sprechen dafür, daß Antrum, Pylorus und postpylorisches Duodenum eine myoelektrisch eng koordinierte Einheit darstellen, wobei angenommen werden kann, daß das

im Antrum registrierte und vagal kontrollierte Schrittmacherpotential über eine im Pylorus befindliche kleine Anzahl von longitudinalen Muskelfasern (24) in die nächstgelegenen Abschnitte des Duodenums geleitet wird. Annahmen über den Zusammenhang zwischen der antroduodenalen elektrischen Aktivität sowie ihrer Störung nach Vagotomie und dem Kontraktionsverhalten der Muskulatur sind spekulativ. ALLEN (2) konnte ein koordiniertes Auftreten von antralen Schrittmacherpotentialen und duodenalen Aktionspotentialen nachweisen, allerdings wurden antrale Schrittmacherpotentiale selbst im Duodenum nicht beobachtet. BEDI (9) berichtet über koordinierte elektrische Aktivität nur nach Nahrungszufuhr. Die Arbeit von WALKER (61) beschreibt beim Auftreten von antralen Muskelkontraktionen eine inhibitorische Wirkung auf die kontraktile Aktivität des Duodenums und eine Entkoppelung dieser Beziehung nach Trunkalvagotomie. Unsere Ergebnisse nach Vagotomie lassen annehmen, daß durch den Ausfall der vagalen Koordination und der so bedingten Störung der antralen und postpylorischen Schrittmacherpotentiale auf noch

nicht geklärte Weise der funktionale Zusammenhang zwischen Antrum und Duodenum gestört ist. Daß der Pylorus selbst primär wenig Anteil an der postvagatomischen Entleerungsstörung hat, zeigen die Arbeiten von NELSEN (48) und NAGAOKA (47). Es wird nach Vagotomie ein zunächst eher weiterer, pastöser Pylorus beobachtet; erst die durch Entleerungsverzögerung bedingte Stase des Nahrungsbreis führt sekundär zu einem Pylorusspasmus. Zur weiteren Klärung dieser Zusammenhänge sind Experimente nötig, die unter Verwendung elektromyographischer Techniken und synchroner Registrierung im Antrum und pylorusnahen Duodenum das Verhalten der elektrischen Aktivität vor allem in der digestiven Phase prüfen. Insbesondere könnten derartige Untersuchungen nach Vagotomie weiteren Aufschluß über die Pathophysiologie der Magenentleerung geben.

Die Ableitung eines in seiner Zyklenfrequenz gegenüber Antrum und pylorusnahen Duodenum etwa dreifach höheren Schrittmacherpotentials im pylorusfernen, also distal der Vaterschen Papille gelegenen Duodenums stimmt mit den Ergebnissen anderer Autoren überein

(7, 14, 21, 22, 24, 51). Unsere Ergebnisse bestätigen, daß die Vagotomie auf den regelmäßigen zyklischen Ablauf des Schrittmacherpotentials keinen Einfluß hat. Während jedoch in unseren Experimenten ein Frequenzabfall des Schrittmacherpotentials nach Vagotomie nicht auftrat, konnte BUNKER (14) eine wenn auch sehr kleine Frequenzminderung feststellen. Sie lag allerdings im Streubereich unserer Werte.

Das Fehlen einer signifikanten Schrittmacherpotential-Änderung nach Vagotomie läßt annehmen, daß das pylorusferne Duodenum gegenüber dem gastroduodenalen Bereich eine physiologisch und funktionell weitgehend eigene Einheit darstellt. Die Analyse seiner Untersuchungsergebnisse, die elektrische Aktivität von Duodenum und Dünndarm betreffend, führte BUNKER (14) zu der Annahme, daß im Bereich der Vaterschen Papille durch elektrisch aktive Einheiten ein Schrittmacherpotential erzeugt wird, das mit graduell abfallender Frequenz bis ins Ileum fortgeleitet wird. Es überlagert dabei im Sinne einer koordinierenden Einflußnahme die autonome elektrische Grundaktivität des Darmes. Denn nach

Ausschaltung der das Schrittmacherpotential erzeugenden Region, etwa durch Transsektion, kann distal der Sektion ein rhythmisches, jedoch variationsreiches Potential abgeleitet werden, dessen niedrige Frequenz gleich der des terminalen Ileums vor Transsektion ist. Die Beziehung elektrischer und mechanischer Aktivität und ihrer Funktion bezüglich des Nahrungstransportes im Darm bedarf noch der Klärung.

Bezüglich der klinischen Folgen verschiedener Formen der Vagotomie ist nach trunkaler Vagotomie aufgrund der beobachteten erheblichen Störung der normalen elektrischen Aktivität im Gastroduodenalbereich mit gesteigertem Auftreten von Nebenwirkungen zu rechnen. Speisenretention, Magenatonie, Erbrechen und Dumping sind Wirkungen einer gestörten Magenentleerung. Die Zahl postoperativer Magenulcuserkrankungen ist trotz Unterbrechung der vagalen Magensäurestimulation infolge vermehrter Gastrinfreisetzung durch die Stase des Nahrungsbreis hoch.

Nach Parietalzellvagotomie ist trotz Erhaltung der das Antrum innervierenden Vagusfasern wohl aufgrund einer Unterbrechung der afferenten Corpusfasern eine geringfügige Störung der elektrischen Aktivität zu beobachten. Flüssigkeiten werden aufgrund einer Unterbrechung des vago-vagalen Reflexes beschleunigt aus dem Magen entleert. Somit ist, wie auch klinische Untersuchungen zeigen (34), eine völlig ungestörte Magenfunktion nicht gewährleistet. Die Parietalzellvagotomie ist jedoch im Vergleich mit weniger schonenden Formen der Vagotomie als eine chirurgische Maßnahme anzusehen, die bei gutem Therapieerfolg ein Minimum an Nebenwirkungen gewährleistet.

V ZUSAMMENFASSUNG

Die Art der elektrischen Aktivität im gastroduodenalen Bereich sowie ihre Änderung nach Trunkal- und Parietalzellvagotomie wurde während der interdigestiven Phase an insgesamt 15 Hunden mit Erfolg untersucht.

Unsere Ergebnisse zeigen, daß im pylorusnahen Duodenum ein Schrittmacherpotential abgeleitet werden konnte, das sich in seiner Form und Frequenz von dem antralen Schrittmacherpotential nicht unterschied. Die Frequenz des Schrittmacherpotentials im pylorusfernen Duodenum lag um etwa das Dreifache höher als im Antrum und pylorusnahen Duodenum.

Nach Vagotomie war bezüglich der Schrittmacherpotential-Frequenz im Antrum, im pylorusnahen sowie im pylorusfernen Duodenum keine signifikante Änderung zu beobachten. Dem gegenüber sank der Anteil der regelmäßigen Schrittmacherpotential-Zyklen nach

Vagotomie ab, und zwar sowohl im Antrum als auch im pylorusnahen Duodenum, dort jedoch weniger stark. Im pylorusfernen Duodenum war ein Einfluß der Vagotomie nicht festzustellen.

Das Ausmaß der Vagotomie bestimmte die Höhe des Anteils regelmäßiger Schrittmacherpotentiale. So waren nach Trunkalvagotomie signifikant häufiger als nach Parietalzellvagotomie unregelmäßige Schrittmacherpotential-Zyklen zu registrieren.

Darüberhinaus zeigte sich sowohl nach Trunkal- als auch nach Parietalzellvagotomie eine Abhängigkeit der Potentialänderungen von der postoperativ vergangenen Zeit. Unmittelbar postoperativ war keine oder nur eine geringfügige Änderung zu beobachten; diese war am ersten postoperativen Tag am ausgeprägtesten, am fünften postoperativen Tag zeigte sich zwar eine Tendenz zur Normalisierung der zyklischen Aktivität, die Normalwerte der Kontrollgruppe wurden jedoch nur nach Parietalzellvagotomie annähernd erreicht.

Beim nicht vagotomierten Hund war bei etwa einem Drittel der antralen Schrittmacherpotential-Zyklen ein Auftreten von Aktionspotentialen zu beobachten. Nach Vagotomie zeigte sich eine Tendenz zur Verminderung der Aktionspotentiale . Sie scheint durch das Ausmaß der Vagotomie bestimmt zu sein.

Die Ergebnisse wurden diskutiert. Die möglichen Zusammenhänge zwischen elektrischer und mechanischer Aktivität von Magen und Darm und die durch Vagotomie verursachbaren pathophysiologischen Vorgänge wurden erläutert. Es zeigte sich, daß durch die Veränderung des Schrittmacherpotentials nach Vagotomie die normalen Entleerungsfunktionen im Gastroduodenalbereich infolge mangelnder Koordination der Wandkontraktionen gestört werden können. Dies gilt insbesondere für die Entleerung fester Speisen.

Abschließend wurden die sich aus unseren Resultaten ergebenden Gesichtspunkte bezüglich der Bewertung verschiedener Formen der Vagotomie kurz besprochen. Wie unsere Ergebnisse zeigen, sind nach Parietal-

zellvagotomie die geringsten Störungen der normalen elektrischen Aktivität zu beobachten, der normale Funktionsablauf der Magenentleerung bleibt weitgehend erhalten. Somit ergibt sich, daß der Parietalzellvagotomie als therapeutischem Vorgehen bei Ulcuskrankheiten des Magens und Duodenums vor ausgedehnteren Formen der Vagotomie der Vorzug gegeben werden muß.

VI LITERATURVERZEICHNIS

- 1 ABRAHAMSON, H.
Studies on the inhibitory nervous control of gastric motility.
Acta. Physiol. Scand. supp., 309 (1973)
- 2 ALLEN, G. L., E. W. POOLE, C. F. CODE
Relationship between elektrical activities of antrum and duodenum.
Amer. J. Physiol. 207, 906 (1964)
- 3 ALVAREZ, W. C., L. J. MAHONEY
Action currents in the stomach and small intestine.
Amer. J. Physiol. 58, 476 (1922)
- 4 ANDRUP, E., H. E. JENSEN
Selective vagotomy of the parietal cell mass preserving innervation of the underdrained antrum. A preliminary report of results in patients with duodenal ulcer.
Gastroenterology 59, 522 (1970)
- 5 BALLINGER, W. F.
Postvagotomy changes in the small intestine.
Amer. J. Surg. 114, 382 (1967)

- 6 BASS, P., C. F. CODE, E. H. LAMBERT
Motor and electric activity of the duodenum.
Amer. J. Physiol. 201, 287 (1961)
- 7 BASS, P., C. F. CODE, E. H. LAMBERT
Electrical activity of gastroduodenal junction.
Amer. J. Physiol. 201, 587 (1961)
- 8 BEAL, J. M., P. DINEEN
A study of vagotomy.
Arch. Surg. 60, 203 (1950)
- 9 BEDI, B. S., C. F. CODE
Pathway of the coordination of postprandial,
antral and duodenal action potentials.
Amer. J. Physiol. 222, 1295 (1972)
- 10 BIRCHER, E.
Historisches und Klinisches zur Vagotomie.
Helv. chir. Acta 15, 356 (1948)
- 11 BOLZER, E.
The relation of action potentials to mechanical
activity in intestinal muscle.
Amer. J. Physiol. 146, 496 (1946)

- 12 BORTOFF, A., N. WEG
Transmission of antral slow waves across the
gastroduodenal junction.
Amer. J. Physiol. 208, 531 (1965)
- 13 BORTOFF, A., R. S. DAVIS
Myogenic transmission of antral slow waves across
the gastroduodenal junction in situ.
Amer. J. Physiol. 215, 889 (1968)
- 14 BUNKER, C. E., L. P. JOHNSON, T. S. NELSEN
Chronic in situ studies of the electrical
activity of the small intestine.
Arch. Surg. 95, 259 (1967)
- 15 BURNSTOCK, G., M. E. HOLMAN, C. L. PROSSER
Electrophysiology of smooth muscle.
Physiol. Rev. 43, 482 (1963)
- 16 CARLSON, A. J.
Contributions to the physiology of the stomach.
VI. A study of the mechanisms of the hunger
contractions of the empty stomach by experiments
on dogs.
Amer. J. Physiol. 32, 369 (1913)

- 17 CARLSON, H. C., C. F. CODE, R. A. NELSON
Motor action of the canine gastroduodenal junction:
a cineradiographic, pressure and electric study.
Amer. J. Dig. Dis. 11, 155 (1966)
- 18 CLARKE, R., R. N. ALLAN, J. ALEXANDER-WILLIAMS
The effect of retaining antral innervation on
the reductions of gastric acid and pepsin
secretion after vagotomy.
Gut, 13, 894 (1972)
- 19 CHRISTENSEN, J., H. P. SCHEDL, J. A. CLIFTON
The basic electrical rhythm of the duodenum in
normal human subjects and patients with thyroid
disease.
J. Clin. Invest. 43, 1659 (1964)
- 20 COUTURIER, D., C. ROZÉ, J. PAOLAGGI, C. DEBRAY
Electrical activity of the normal human stomach;
a comparative study of recordings obtained from
the serosal and mucosal sides.
Amer. J. Dig. Dis. 17, 969 (1972)
- 21 DANIEL, E. E., D. R. CARLOW, B. T. WACHTER,
W. H. SUTHERLAND, A. BOGOCH
Electrical activity of the small intestine.
Gastroenterology, 37, 268 (1959)

- 22 DARUP, K., Z. SCHUMANN, G. KNECHTEL, E. MÜHE
Schrittmacherpotential-Veränderungen im Antrum
und Duodenumbereich nach verschiedenen Vagotomie-
formen beim Hund.
Kongreßband der 17. Tagung der Österreichischen
Gesellschaft für Chirurgie, Salzburg 1976 (im Druck)
- 23 DRAGSTEDT, L. R., F. M. OWENS jr.
Supra-diaphragmatic section of the vagus nerves
in treatment of duodenal ulcer.
Proc. Soc. exp. Biol. 53, 152 (1943)
- 24 DUTHIE, H.L., N. K. KWONG, B. H. BROWN,
G. E. WHITTAKER
Pacesetter potential of the human gastroduodenal
junction.
Gut, 12, 250 (1971)
- 25 FRANKSSON, C.
Selective abdominal vagotomy.
Acta. Chir. Scand. 96, 409 (1948)
- 26 GILLESPIE, J. E., D. H. CLARK, A. W. KAY
Effect of antrectomy, vagotomy with gastrojejunos-
tomy and antrectomy with vagotomy on the spontaneous
and maximal gastric acid output in man.
Gastroenterology, 38, 361 (1960)

- 27 GRIFFITH, C. A., H. N. HARKINS
Partial gastric vagotomy: An experimental study.
Gastroenterology, 32, 96 (1957)
- 28 HARKINS, H. N., L. S. STAVNEY, C. A. GRIFFITH,
L. E. SAVAGE, T. KATO, L. M. NYHUS
Selective gastric vagotomy.
Ann. Surg. 158, 448 (1963)
- 29 HEDENSTEDT, S., G. LUNDQUIST, S. MOBERG
Selective proximal vagotomy (SPV) in the treatment
of duodenal ulcer.
Acta. Chir. Scand. 13, 591 (1972)
- 30 HEGGLIN, J., F. LARGIADER, I. BABOTAI
Elektromyographische Studien am Magen vor und
nach Vagotomie.
Helv. Chir. Acta. 35, 274 (1968)
- 31 HEGGLIN, J., I. BABOTAI, F. LARGIADER
The influence of vagotomy on electrogastromyography.
Europ. Surg. Res. 1, 56 (1969)

- 32 HOLLE, F., W. HART

Form- und funktionsgerechte Operation. Eine Grundlage moderner Ulcuschirurgie.

Langenbecks Arch. klin. Chir. 309, 205 (1965)

- 33 HOLLE, F.

Spezielle Magen Chirurgie.

Springer, Berlin-Heidelberg-New-York (1968)

- 34 HUMPHREY, C. S., A. R. WILKINSON

The value of preserving the pylorus in the surgery of duodenal ulcer.

Brit. J. Surg. 59, 779 (1972)

- 35 INBERG, M. V.

Selective gastric vagotomy. Anatomic, experimental and clinical observations.

Int. Surg. 54, 323 (1970)

- 36 JACKSON, R. G.

Anatomic study of the vagus nerves with a technique of the transabdominal selective gastric vagus resection.

Arch. Surg. 57, 333 (1948)

- 37 JOHNSTON, D., A. R. WILKINSON
Highly selective vagotomy without a drainage
procedure in the treatment of duodenal ulcer.
Br. J. Surg. 57, 289 (1970)
- 38 JOHNSTON, D., C. S. HUMPHREY, R. B. SMITH,
A. R. WILKINSON
Treatment of gastric ulcer by highly selective
vagotomy without a drainage procedure: an interim
report.
Brit. J. Surg. 59, 787 (1972)
- 39 JOHNSTON, D., A. R. WILKINSON, C. S. HUMPHREY,
R. B. Smith, J. C. GOLIGHER, E. KRAGELUND, E. AMDRUP
Serial studies of gastric secretions in patients
after highly selective (parietal-cell) vagotomy
without drainage procedure for duodenal ulcer.
I. Effect of highly selective vagotomy on basal
and pentagastrin-stimulated maximal acid output.
Gastroenterology, 64, 1 (1973)
- 40 KELLY, K. A., C. F. CODE
Effect of transthoracic vagotomy on canine gastric
electrical activity.
Gastroenterology, 57, 51 (1969)

- 41 KLEMPA, J., F. HOLLE, W. BRUCKNER
The effect of selective proximal vagotomy and pyloroplasty on gastric secretion and motility in the dog.
Arch. Surg. 103, 710 (1971)
- 42 KWONG, N. K., B. H. BROWN, G. E. WHITTAKER, H. L. DUTHIE
Electrical activity of the gastric antrum in man.
Brit. J. Surg. 57, 913 (1970)
- 43 LUDWICK, J. R., P. BASS
Contractile and electric activity of the extra-hepatic biliary tract and duodenum.
Surg. Gynec. u. Obst. 124, 536 (1967)
- 44 LUDWICK, J. R., J. N. WILLEY, P. BASS
Extraluminal contractile force and electrical activity of reversed canine duodenum.
Gastroenterology, 54, 41 (1968)
- 45 MCINTYRE, J. A., M. DEITEL, M. BAIDA, S. JALIL
The human electrogastrogram at operation: a preliminary report.
Canad. J. Surg. 12, 275 (1969)

- 46 MILTON, G. W., A. W. M. SMITH, H. I. O. ARMSTRONG
The origin of the rhythmic electropotential
charges in the duodenum.
Quart. J. exp. Physiol. 40, 79 (1955)
- 47 NAGAOKA, K.
Electromyographic study on the mechanism of delayed
Gastric emptying after vagotomy in dogs.
Tohoku J. Exp. Med. 95, 1 (1968)
- 48 NELSEN, T. S., E. H. EIGENBRODT, L. A. KEOSHIAN,
C. E. BUNKER, L. P. JOHNSON
Alterations in muscular and electrical activity
of the stomach following vagotomy.
Arch. Surg. 94, 821 (1967)
- 49 SARNA, S. K., E. E. DANIEL, Y. J. KINGMA
Simulation of the electrical control activity
of the stomach by an array of relaxation
oscillators.
Am. J. Dig. 17, 299 (1972)
- 50 SARNA, S. K., E. E. DANIEL
Vagal control of gastric electrical control
activity and motility.
Gastroenterology, 68, 301 (1975)

- 51 SCHAMAUN, M.

Experimentelle Untersuchung zur Pathophysiologie der Dünndarmmotorik bei chirurgischen Krankheitsbildern.

2. ges. exp. Med. 141, 89 (1966)

- 52 SCHUMANN, Z., K. DARUP

Myoelektrische Aktivitätsveränderungen der Vaterschen Papille nach verschiedenen Vagotomieformen beim Hund.

Langenbecks Arch. klin. Chir. Suppl.

76, im Druck (1976)

- 53 SHIRATORI, T., K. TAKAKURA, S. KIKUCHI, S. TAKASE, H. KONO, M. SASAKI

An electromyographic study on gastric motility in dog.

Tohoku J. exp. Med. 84, 228 (1964)

- 54 SHIRATORI, T., K. SUGAWARA, S. KURODA

Surgical significance of pyloroplasty with special reference to electromyographic findings.

Tohoku J. exp. Med. 85, 192 (1965)

- 55 STADAAS, B., S. AUNE, J. F. W. HAFFNER .

Effects of proximal gastric vagotomy on intragastric pressure and adaption in pigs.

Scand. J. Gastroenterology, 9, 479 (1974)

- 56 STODDARD, C. J., W. E. WATERFALL, B. H. BROWN,
H. L. DUTHIE

The effects of varying the extent of the vagotomy
on the myoelectrical and motor activity of the
stomach.

Gut, 14, 657 (1973)

- 57 STODDARD, C. J., R. SMALLWOOD, B. H. BROWN,
H. L. DUTHIE

The immediate and delayed effects of different
types of vagotomy on human gastric myoelectrical
activity.

Gut, 16, 165 (1975)

- 58 STORER, E. H., T. F. THORTON, jr. L. R. DRAGSTEDT

Supra-diaphragmatic section of the vagus nerves
and gastric motility in patients with peptic ulcer.

Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 59, 141 (1945)

- 59 SUGAWARA, K.

An electromyographic study on the motility of
canine stomach after transection and end-to-end
anastomosis.

Tohoku J. exp. Med. 84, 113 (1964)

- 60 THOMAS, J. E.
Mechanics and regulation of gastric emptying
Physiol. Rev. 37, 453 (1957)
- 61 WALKER, G., J. STEWART, P. BASS
The effect of parietal cell and truncal vagotomy
on gastric and duodenal contractile activity
on the unanesthetized dog.
Ann. Surg. 179, 53 (1974)
- 62 WEDDLE, C. O., A. C. SPRINGFIELD, H. S. ORMSBEE,
P. BASS
Parietal cell vagotomy and gastric emptying of
liquids in the dog.
Arch. Surg. 108, 83 (1974)
- 63 WILLBUR, B. G., K. A. KELLY
Effect of proximal gastric, complete gastric
and truncal vagotomy on canine gastric activity,
motility and emptying.
Ann. Surg. 178 (3), 295 (1973)
- 64 WILLIAMS, E. J., W. T. IRVINE
Functional and metabolic effects of total and
selective vagotomy.
Lancet, 1, 1053 (1966)

Herrn Prof. Dr. med. G. Hegemann danke ich, daß er mir die Möglichkeit gab, in seiner Klinik arbeiten zu dürfen.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. med. Z. Schumann, der mir zu jeder Zeit mit wertvollen Ratschlägen zur Seite stand und somit das Gelingen dieser Arbeit entscheidend förderte.

Ebenso danke ich Herrn Priv. Doz. Dr. med. E. Mühe für seine hilfreichen Anregungen.

Der Firma Siemens danke ich für die freundliche Unterstützung.

LEBENS LAUF

Name: Knechtel, Günter, Joachim

geb. am: 25. 4. 45 in Reichenberg/Sudeten

Wohnort: 85 Nürnberg, Oedenberger Str. 168

Eltern: Knechtel, Otmar und Ehefrau
Elisabeth Knechtel, geb. Kirnich

Schulen: Volksschule Oberkleinich-Hochscheid
1951 - 1956
Herzog-Johann-Gymnasium in Simmern
1956 - 1965
Med. Studium an der Universität
Erlangen-Nürnberg
WS 1966/67 - WS 1972/73

Prüfungen und
Urkunden: Abitur 4. 3. 1965
ärztl. Vorprüfung 1. 9. 1969
ärztl. Prüfung 20. 3. 1973
Approbation 26. 8. 1974

Bundeswehr: 1. 4. 1965 - 31. 3. 1966

Berufstätigkeit: Med. Ass. am Theresienkrhs. Nürnberg
1. 6. 1973 - 31. 5. 1974
Ass. Arzt Chir. Abt. Theresienkrhs.
1. 6. 1974 - 31. 12. 1975
Ass. Arzt an der Cnopf'schen
Kinderklinik in Nürnberg
seit 1. 1. 1976



Günter Joachim Knechtel

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen, Hauptstr. 109 (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990